

УДК 681.625.8

*В.А. Яригін, студент гр. ПБ-61, к.т.н., доц. Вислоух С.П.*

КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КРУПНОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ FDM 3DДРУКУ**

**Анотація.** В статті розглядаються питання виготовлення деталей шляхом 3Dдруку. Наведено аналіз параметрів якості отриманих деталей та причини виникнення недоліків друку. Пропонується для підвищення параметрів якості деталей забезпечити мікрокліматичні умови 3D їх друкування.

**Ключові слова:** адитивне виробництво, 3D друк, якість деталі, параметри якості, температурний режим, вдосконалення конструкції принтера.

### **ВСТУП**

Адитивне виробництво набуло широкого розповсюдження в промисловості та бізнесі. Велика номенклатура матеріалів дозволяє створювати різноманітні об'єкти починаючи від деталей ракет й закінчуючи дитячими іграшками. Простота використання, швидкість виготовлення та дешевизна відповідного обладнання в сукупності сприяли широкому розповсюдженню деяких адитивних технологій [1]. Однією з таких технологій є FDM 3Dдрук. Він має дві основні переваги: дешевизна обладнання та матеріалів, що дозволило цьому методу отримати широке розповсюдження не лише на підприємствах, а також у малому бізнесі та у ентузіастів. FDM 3Dдрук на сьогодні, в основному, використовується в сферах приладобудування, швидкого прототипування та художнього друку. Основними недоліками технології є низька точність форми отриманих поверхонь, наслідком чого є необхідність пост оброблення поверхонь отриманої деталі[1-2]. Ще одним суттєвим недоліком цієї технології є різні міцнісні характеристики виробу в залежності від напрямку вектору прикладеної сили, а також висока шорсткість бокових поверхонь. Основною причиною виникнення цих недоліків є метод отримання виробів. Якщо цей метод детально розглянути, то можна побачити, що неточності форми для всіх поверхонь та висока шорсткість торцевих поверхонь виникає через пошарове нанесення матеріалу. Це особливо має місце в деталях великих габаритів. Тут окрім описаних вище недоліків з'являється ще один – деформація деталі за рахунок внутрішніх напружень та швидкого і нерівномірного охолодження шарів, що призводить до отримання бракованих виробів.

### **ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ**

Аналіз параметрів якості поверхонь деталей, що отримані методом 3D друку, дозволяє виділити похибки форми, нерівномірну шорсткість в різних напрямках та площинах, а також раковини та наплавлення.

Поверхні деталей, отриманих методом 3D друком, поділяються на криволінійні, горизонтальні, вертикальні, площинні під нахилом тощо. Для кожного відповідного виду поверхонь існують свої специфічні недоліки друку за допомогою 3D принтері. Але причиною виникнення більшості з цих недоліків є процес отримання деталі – пошарове наплавлення матеріалу. При більш детальному розгляді даного процесу можна встановити, що наплавлений

матеріал погано розтікається по поверхні деталі, й відповідно між двома нитками матеріалу, що були наплавлені поруч, утворюється невелика канавка. Приклад такої поверхні зображений на рисунку 1. Таким чином ми отримуємо певну «хвилястість» поверхні. Одночасно це має таку перевагу. Внаслідок

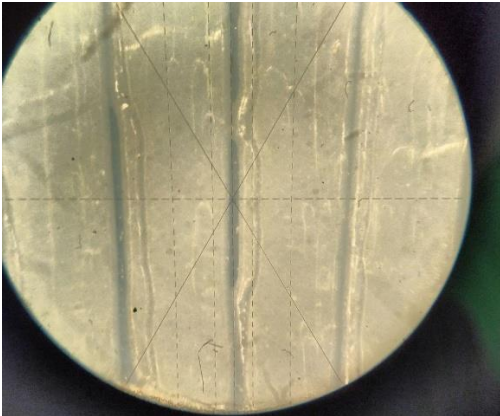


Рис. 1. Світлина поверхні, що отримана 3D друком.

швидкого застигання пластику є можливість «будувати» навісні поверхні без використання додаткових підтримок, що, в свою чергу, дає можливість створювати отвори та порожнини всередині деталі. Також треба відзначити суттєвий вплив на параметри якості поверхонь марки матеріалу. Деякі пластики, при умові використання за оптимальних температурних режимів, досить пластичні і добре розтікаються по поверхні, а інші ж навпаки – не достатньо розтікаються й мають погані показники адгезії між шарами. Варто також враховувати недоліки безпосередньо

друку. Це не проливи або навпаки переливи пластику, що призводить до утворення бугорців або впадин, які в подальшому може вплинути на наступні шари. З врахуванням наведеного вище в повній мірі позбутись недоліків якості поверхні, нажаль, не вдасться. Але є можливість суттєво зменшити їх вплив на якість поверхні деталі шляхом використання оптимальних температурних режимів друку та підтримки певних мікрокліматичних умов.

### **МІКРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ 3D ДРУКУ**

В дослідженнях [3-4] показано як температурні параметри друку впливають на якість поверхонь отриманих деталей. Але в сучасних установках друкування підтримуються лише температурні режими безпосереднього друку деталі, тобто режими нагрівання і охолодження сопла й так званого «hotend» сопла. Цього режиму вистачає для отримання доброї якості невеликих за розміром поверхонь, коли за час друкування шару сусідні нитки нанесеного матеріалу не встигають охолонути до повного затвердіння.

В деяких установках використовуються додаткові нагрівачі, що встановлюються під базуючу поверхню (столік-основу) принтера. Це дозволяє незначно знизити швидкість охолодження надрукованих шарів деталі, але існують суттєві обмеження по діапазону температур та й температурний градієнт при такому виді підігріву не є оптимальним, адже температура середовища, а отже і якість друку знижується з віддаленням від нагрівача, тобто із зростанням висоти виробу. Зазвичай нагрів в таких установках використовується лише при друкуванні перших кількох шарів, щоб покращити адгезію між столиком та деталлю, що друкується.

Для усунення такого недоліку пропонується модернізувати принтер шляхом використання додаткового нагрівача та кожуха, що утримуватиме весь об'єм друку деталі в певному температурному режимі, буде захищати зону друку від протягів (температурного впливу зовнішнього середовища). В

результаті вказаних вище модернізацій можна отримати кращий температурний градієнт на об'ємі деталі, що дозволить отримати більш якісні вироби за критерієм значення шорсткості поверхонь деталі, а також збільшить кінцеву міцність деталей на розрив за рахунок кращої дифузії між шарами нанесеного пластику.

## ВИСНОВКИ

На процес друку, а отже і на якість отриманих деталей впливають багато факторів. Одним з ключових факторів є температурні режими друку. Сучасне устаткування дозволяє регулювати лише безпосередньо температуру сопла (температуру друку пластику), не враховуючи при цьому температури зовнішнього середовища. Відомо, що більшість моделей принтерів мають відкриті корпуси й за рахунок цього виріб може охолоджуватись не рівномірно. Тому зростає ймовірність отримання браку як за формою та якісними характеристиками поверхонь, так внаслідок «аварійних ситуацій» (зміщення деталі під час друку або повний її відрив від столика).

Описані вище вдосконалення конструкції принтера дозволять покращити процесу друку, що в свою чергу призведе до зменшення часу повного циклу виготовлення виробу. Зменшення необхідності, а отже і часу, що необхідне на пост обробку деталі, покращать її міцнісні характеристики. Це дозволить знизити кінцеву вартість та тривалість виготовлення і оброблення виробу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Чонка Е. Я. Аналіз точності формування поверхонь деталей виготовлених на 3d-принтері / Е. Я Чонка, В. С. Антонюк // Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні : збірник наукових праць XV Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 10-11 грудня. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури, 2019. – С. 197-200.
- [2] Чонка Е. Я. Дослідження якості поверхні при виготовленні моделей на 3D-принтері / Е. Я. Чонка, О. Г. Новаковський, В. В. Серов // Процеси механічної обробки, верстати та інструмент : збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції, 6–9 листопада. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – С. 201-202.
- [3] Яригін В. А. Особливості отримання прототипів за допомогою 3d друку / В. А Яригін, С. П Вислоух // Погляд у майбутнє приладобудування : збірник наукових праць XIII Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 13-14 травня. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури, 2020. – С. 139-142.
- [4] Яригін В. А. Дослідження параметрів якості деталей, отриманих шляхом 3d друку / В. А Яригін, С. П Вислоух // Збірник тез всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки, 11-15 травня. – К. : Державний університет «Житомирська політехніка» – С. 125-126.